

АППАРАТ ДЛЯ ПРОМЫВКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ СЕРНИСТЫХ ГАЗОВ

Паникаровских К.С.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

Актуальное значение имеет модернизация аппаратуры, используемой для очистки отходящих газов от вредных примесей предприятий черной и цветной металлургии, в целях обеспечения ее эффективной работы при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах. Разработанный новый тип аппарата имеет 3 стадии очистки газа от примесей: 1-я работает в испарительном режиме для перевода примесей в сернокислотный туман и две ступени горловин Вентури с регулируемым проходным сечением, работающих в конденсационном режиме. Следует отметить, что горловины Вентури работают в бесфорсуночном варианте их орошения, определяющим существенное снижение энергоемкости аппарата, при этом последний имеет пониженную металло- и материалоемкость, обуславливающим существенное сокращение капитальных и эксплуатационных затрат при изготовлении аппарата и его применении в промышленном производстве.

Ключевые слова: конфузор, горловина, диффузор, труба Вентури, испарительный режим охлаждения газа.

Modernization of equipment, which we used for scourings flue gases of contaminants at the enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy factories, to provide effective work with minimum capital and operating costs has a relevance. A new type of apparatus has a 3 stages of gas cleaning from impurities: the first stage operates in a vaporizing mode for conversion impurities to vitriolic fog and two steps of mouths in Venturi effect with adjustable section through passage, which works in condensation mode. It should be noted, that Venturi's mouths work without irrigation through nozzles, that defines essential decrease in power consumption of the device. Also apparatus has low metal-and material capacity, so there is an essential reduction of capital and operational expenditure.

Keywords: konfuzor, manhole, runout, Venturi effect, vaporizing mode, condensation mode, without nozzles, scrubber.

Трудно переоценить экологическое значение решение задачи по очистке отходящих газов от вредных примесей предприятий черной и цветной металлургии и их последующей утилизации, например, в сернокислотном производстве. Очистка газа от примесей осуществляется, как правило, в нескольких последовательно установленных скрубберах, из которых первый по ходу газа работает в испарительном режиме, когда исходный газ, имеющий температуру 280–350 °С, орошается низкоконтрированной серной кислотой (25–30 % H_2SO_4) с температурой 65–68 °С, при этом образуется значительное количество сернокислотного тумана, в котором растворяются вредные примеси, с последующей конденсацией тумана в скрубберах, орошаемых охлаждаемой в теплообменниках слабой серной кислотой и высадением его в мокрых электрофилтрах.

Отходящие сернистые газы предприятий цветной металлургии обычно содержат в своем составе вредные примеси (соединения As, F, возгоны

металлов, пыль и др.), которые должны быть удалены при утилизации этих газов в серноокислотном производстве.

Наиболее распространенным аппаратным оформлением промывного отделения серноокислотного цеха является использование скрубберов башенного типа, имеющих значительные габаритные размеры (диаметр корпуса достигает 8 м, а высота – до 12 м), большую металло- и материалоемкость (вес аппарата до 250 т).

Последнее определяется низким скоростным режимом движения газа в башнях (скорость газа колеблется от 0,8 до 1,2 м/с). Учитывая повышенную энергоемкость башен, вызванную необходимостью создания соответствующей плотности орошения промывной кислотой, изменяющейся в пределах 8–12 м³/ч, можно определить данный тип аппарата, как требующий значительных капитальных и эксплуатационных затрат при их использовании.

Наряду с этим известны серноокислотные производства, в которых для очистки газа от вредных примесей и его охлаждения используются более интенсивные аппараты – классического исполнения трубы Вентури (например, серноокислотный цех на комбинате «Электроцинк», г. Владикавказ). Труба Вентури, имеющая традиционное исполнение, включает три основных конструктивных элемента: конфузор, горловину, диффузор. Конфузор служит для увеличения скорости газа с начальной (8–12 м/с) до необходимой скорости газового потока в горловине (35–45 м/с), при этом из-за относительно низкой скорости газа на протяжении почти всей длины конфузора последний имеет незначительное влияние на эффективность работы трубы Вентури в целом. Следует отметить, что угол раскрытия конфузора, как правило, не превышает 24–26°, что определяет его большие габариты.

Диффузор предназначен для плавного снижения скорости до минимальной (6–8 м/с) в целях укрупнения капель жидкости и их последующего высаживания из газового потока. Очевидно, что диффузор не имеет какого-либо значения в решении вопроса повышения эффективности работы трубы Вентури. При этом угол раскрытия диффузора не превышает 4–6°, что ведет к его значительным размерам.

Наиболее оптимальные условия для проведения процесса очистки газа от вредных примесей и его охлаждения обеспечиваются в горловине за счет максимальной диспергизации жидкости высокоскоростным потоком газа и создания тем самым большой поверхности контакта между газом и жидкостью, а также градиента скоростей между ними, что в конечном счете обуславливает практически 97–98 %-ную эффективность работы трубы Вентури в целом. Основным недостатком традиционного вида трубы Вентури является большая металлоемкость, вызванная ее значительными габаритами, причем последнее определяется наличием в конструкции низкоэффективных элементов для повышения степени очистки газа от примесей и его охлаждения, как конфузор и диффузор.

Следует отметить, что содержание вредных примесей в отходящих газах предприятий цветной металлургии колеблется в значительном интервале, что, в первую очередь, зависит от перерабатываемого сырья. Учитывая данное обстоятельство, разработаны варианты механических способов регулирования проходного сечения горловины в целях повышения эффективности очистки газа от вредных примесей при их возросшем содержании в газе, которые в условиях высокочрезвычайно активной

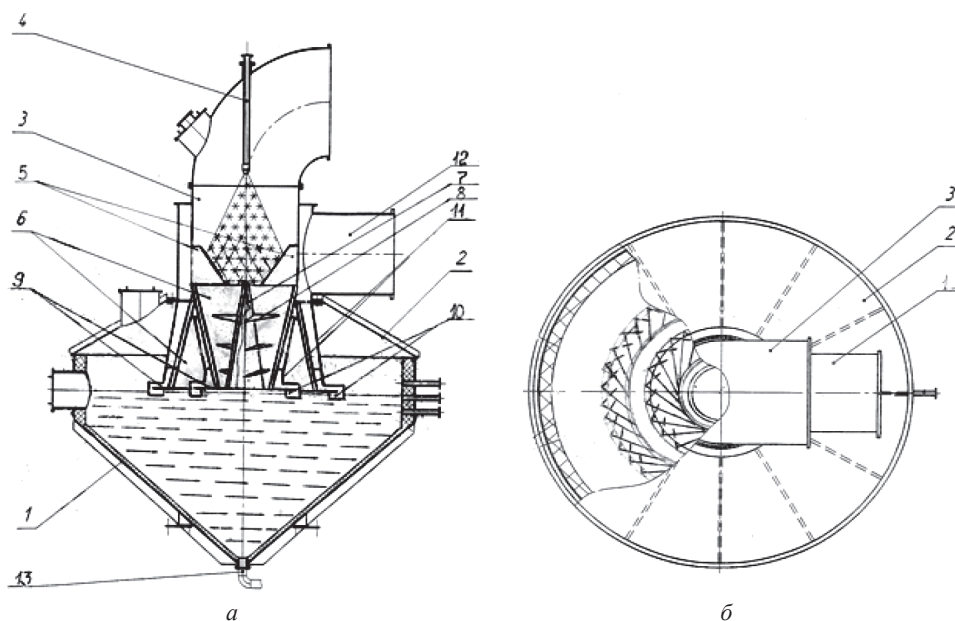
среды (низкоконцентрированная H_2SO_4) и большого количества пыли имеют недостаточную надежность и, следовательно, короткий срок службы.

Очевидно, что приведенные выше аппараты не могут быть отнесены к оптимальным для очистки газа от вредных примесей, поскольку не отвечают критериям минимизации капитальных и эксплуатационных затрат, что определило целесообразность разработки нового типа аппарата для промывки и охлаждения сернистых газов.

В концепцию разработки нового типа аппарата входило положительное решение следующих условий:

- аппарат должен быть интенсивного принципа действия, обеспечивающего высокую степень эффективности;
- аппарат должен быть компактным;
- аппарат должен иметь минимальную энергоемкость;
- в аппарате должна быть обеспечена переработка сернистых газов с колеблющимся содержанием вредных веществ в широком диапазоне.

Новый тип аппарата для промывки и охлаждения сернистых газов проиллюстрирован на рисунке. Он включает корпус 1 и крышку 2, по центру которой расположен входной патрубок 3 с форсункой для орошения 4, соединенный с вертикальной кольцевой конусообразной перегородкой 5, к нижней части которой крепится горизонтально размещенный диск 6. На нижней поверхности кольцевого диска 6 в конечной его части установлены тангенциально вертикальные лопатки 7, выходящие на верхнюю поверхность кольцевого диска 6 и образующие криволинейные каналы совместно с листом 8, покрывающим их. В аппарате установлены несколько узлов, включающих



Аппарат для промывки и охлаждения отходящих сернистых газов:
а – фронтальный вид; б – вид сверху

перегородки 5 с дисками 6 и лопатками 7. Над крышкой расположен выходной патрубок 9 для отвода очищенного газа, а донный штуцер 10 на корпусе 1 служит для вывода промывной жидкости.

Аппарат работает следующим образом.

Исходный сернистый газ, имеющий температуру 250–320 °С и содержащий примеси в виде соединений As, F, возгонов металлов, пыли, поступает во входной патрубок 3 со скоростью 12 м/с, в который прямоточно с газом подается низкоконцентрированная серная кислота с температурой 65–67 °С. При контакте исходного газа с орошающей кислотой идет 1-я стадия очистки газа за счет захвата примесей каплями жидкости и его охлаждения в испарительном режиме. На выходе из объема, ограниченного вертикальной кольцевой конусообразной перегородкой 5, реализуется принцип действия инерционного каплеотделения за счет резкого изменения направления движения газового потока при контакте с поверхностью жидкости, находящейся в корпусе аппарата 1, при этом капли жидкости с уловленными частицами пыли и других примесей, стремясь сохранить по инерции прежнее направление движения, высаждаются на поверхности жидкости. Наряду с этим газ, выходящий из объема, ограниченного вертикальной кольцевой конусообразной перегородкой 5, со скоростью 20–25 м/с, при контакте с поверхностью жидкости, находящейся в корпусе аппарата, вызывает значительное образование брызг, которые диспергируются потоком газа, направляющегося радиально на дальнейшую очистку от примесей в горловину, образованную кольцевым диском 6, прикрепленным к нижней части перегородки 5, и поверхностью жидкости, находящейся в корпусе аппарата. При этом в горловине создаются наиболее оптимальные условия для проведения процесса очистки газа от примесей за счет максимальной диспергизации жидкости высокоскоростным потоком газа (скорость газа в горловине составляет 30–45 м/с) и создания тем самым большой поверхности контакта между газом и жидкостью, что обуславливает 97–98 % эффективность работы аппарата в целом по очистке газа от примесей. При увеличении содержания в газе вредных примесей возможно изменение сечения горловины за счет повышения уровня жидкости в корпусе 1, что ведет к интенсификации проходящих процессов очистки газа от примесей. На выходе из горловины газ направляется в каналы, образованные тангенциально установленными по отношению к радиальному направлению движения газа и погруженными частично в жидкость вертикальными лопатками 7 и листом 8, перекрывающим их. В каналах осуществляется выделение брызг жидкости из потока газа за счет действия центробежной силы, которое завершается на внешней поверхности кольцевого диска 6. Очищенный от брызг жидкости газовоздушный поток направляется на вторую стадию очистки газа от вредных примесей и охлаждения его благодаря поступлению в объем, ограниченный следующей вертикальной кольцевой конусообразной перегородкой 5, к нижней части которой крепится горизонтально расположенный кольцевой диск 6 с лопатками 7 и перекрывающим их листом 8. На вторую стадию очистки газа от примесей и его дальнейшего охлаждения через форсунки подается на орошение охлажденная в холодильниках промывная кислота с температурой 37–49 °С, что обеспечивает работу этой стадии в конденсационном режиме, после которой газ выходит из аппарата через патрубок 9.

Выводы

1. В качестве рабочего узла, обеспечивающего эффективную очистку газа от вредных примесей, а также его охлаждение, принята горловина трубы Вентури, при этом для достижения высокого значения конечной степени очистки газа от примесей, а также требуемого температурного режима в новом типе аппарата должно быть размещено две последовательно работающие горловины.

2. Исключение из конструкции нового типа аппарата низкоэффективных элементов для достижения высоких значений степени очистки газа от вредных примесей, а также охлаждения газа как конфузор и диффузор, имеющих даже при относительно небольших объемах перерабатываемого газа (40–60 тыс. мм³/ч) размеры по несколько метров каждый, позволяет существенно сократить общие габариты аппарата и тем самым снизить его металло- и материалоемкость.

3. Существенными в новом типе аппарата являются решения, касающиеся горловин. Во-первых, горловины работают в бесфорсуночном режиме, т.е. орошение горловин осуществляется не за счет подачи промывной жидкости через форсунки, как обычно осуществляется в классической трубе Вентури, а путем использования энергии потока газа, направляющегося в горловины, для генерирования брызг жидкости и их диспергирования на входе в горловины. Естественно, что работа двух горловин, установленных в аппарате, в бесфорсуночном режиме ведет к снижению уровня его энергоемкости. Наряду с этим в зависимости от содержания вредных примесей в исходном газе имеется возможность изменять проходное сечение горловин и, следовательно, повышать интенсивность проведения процессов очистки газа от вредных примесей и теплообмена, что в конечном счете, определяет эффективность работы нового типа аппарата.

4. Новый тип аппарата для промывки и охлаждения сернистых газов производительностью 60 тыс. мм³/ч имеет ориентировочно диаметр не более 5 м и высоту 7 м, что обуславливает снижение капитальных затрат при его изготовлении и монтаже, а также сокращение эксплуатационных расходов.

Совокупность указанных отличительных признаков, характеризующих новый тип аппарата для промывки и охлаждения сернистых газов, позволил автору настоящей статьи получить патент РФ № 147796 от 16.10.2014 г.